



21世纪新编规划教材·机电一体化

PLC应用技术

北京希望电子出版社 总策划
钱 锐 主 编
徐 锋 副主编

 科学出版社
www.sciencep.com



21世纪新编规划教材·机电一体化

PLC应用技术

北京希望电子出版社 总策划
钱 锐 主 编
徐 锋 副主编

 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书选择国内常见的三菱PLC为教材内容,侧重机电系统的PLC系统设计和编程,使教材具有较强的实用性。

本书内容全面、语言简洁、通俗易懂。具体内容包括可编程控制器的发展及应用、可编程控制器的工作原理、可编程控制器的硬件和软件系统、基本逻辑指令、编程应用实例1:可逆电动机起动控制电路、编程应用实例2:可逆变极调速电动机起动控制电路、编程应用实例3:电动机星形—三角形起动控制电路、编程应用实例4:有反馈的电动机星形—三角形起动控制电路、编程应用实例5:线绕转子三相异步电动机起动控制电路、编程应用实例6:定子电阻起动电路、可编程控制器的步进指令、功能指令及功能模块等。

本书可作为高等院校可编程控制器课程的教材,或高等职业技术学院相关专业的师生参考书,也可作为相关工程技术人员的技术参考书。

需要本书或需要得到技术支持的读者,请与北京清河 6 号信箱(邮编 100085)发行部联系,电话:010-82702660 010-82702658, 010-62978181 转 103 或 238, 传真:010-82702698, E-mail: tbd@bhp.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用技术/钱锐 主编. —北京:科学出版社, 2006.1

(21 世纪新编规划教材·机电一体化)

ISBN 7-03-016185-8

I. P... II. 钱... III. 可编程控制器—高等学校—教材

IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 096470 号

责任编辑:王玉玲 / 责任校对:佳 宜

责任印刷:媛 明 / 封面设计:梁运丽

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市媛明印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006 年 1 月第一次印刷 印张:10 1/2

印数:1-3000 册 字数:233 000

定价:18.00 元

21 世纪新编规划教材·机电一体化

编委会成员名单

编委主任：钱 锐 陆卫民

副主任：娄斌超

编委：（排名不分先后）

钱 锐 陆卫民 娄斌超 李世基

张仁杰 何亚飞 罗维甲 姚国强

高 占 徐 锋

序

当今,现代科学技术飞速发展,特别是进入21世纪,数字化、网络化的革命再一次改变了人类的生产、工作和生活方式,使人类的制造技术在经历了手工、机械化及自动化制造3个阶段后进入了第四阶段——敏捷制造阶段,机械工业已经发生了深刻的变化,机械技术与微电子技术的紧密结合,特别是与计算机技术的紧密结合,产生的现代机械所拥有自动化技术,以及现有的机电一体化技术和机电一体化产品,较以往更为复杂和先进。原来依靠传统的方式组织生产,已不能满足社会快速发展的需要。

要发展机电一体化技术,实现机械产品的自动化和智能化,实现机械工业的现代化改造,必须有高层次的科技人才。为了培养机电结合的高层次人才,有关高校都在积极地研究和探索,并做出了一些成绩。

教材建设是一个学校、一个专业最基本的建设之一。本套丛书的编者是工作在教学第一线的在校教师,他们在对机电一体化、数控应用技术有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,总结了自己的教学经验,学习了兄弟院校老师的教学经验,有组织、有计划的编写了本套机电一体化、数控应用技术方面的专业技术教材。

本套教材主要适用于高等院校以及高职高专院校的机电一体化、数控应用技术专业以及相近专业的师生选用。

钱 锐

前 言

可编程控制器是采用微机技术的通用工业自动化控制装置,近 20 年来,可编程控制器以其可靠性高、能经受工业恶劣环境和使用方便的巨大优势,在工业领域已得到广泛的应用。可编程控制器正改变着工厂自动化的面貌,对传统产业的自动化改造、设备的技术更新起着越来越重要的作用。

目前,可编程控制器的机型较多,但其基本结构、工作原理相同,基本指令、控制功能和编程方法类似。本书从实际应用出发,以三菱 FX 系列可编程控制器为例,对小型可编程控制器的特点、硬件结构、工作原理、指令系统和编程方法,做了较详细的介绍。尤其在程序设计内容的编写过程中,考虑到可编程控制器实际的应用,除了增加可编程控制器硬件电路设计内容,还在程序设计中引入了电气控制中的使能和互锁的概念,强调控制的可靠性和实用性,使读者更能体会可编程控制器控制的整体设计方法。

全书共分 5 章和 3 个附录,内容包括可编程控制器的特点、组成和工作原理;可编程控制器基本指令及程序设计方法;工业控制中可编程控制器编程应用举例,详细介绍了电机的可编程控制器控制电路和程序设计方法;步进顺控指令及其应用;功能指令及功能模块简介。附录的内容包括特殊软元件、三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用、FX-10P 型简易编程器的操作等,方便读者快速掌握可编程控制器技术。

本书由钱锐主编,参予编写的还有徐锋、陆成鹰、姚国强等。本书可作为大专院校机电一体化、数控技术、工业自动化、电气技术、应用电子、自动控制、计算机应用等专业的教学用书,也可作为高职相关专业的教学用书和教学参考书,以及工程技术人员的参考用书。

本书编者水平有限,编写时间仓促,书中难免存在问题和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 绪 论.....1	1.7.1 系统程序.....14
1.1 可编程控制器的历史及发展.....1	1.7.2 用户程序.....14
1.1.1 可编程控制器的历史.....1	1.7.3 程序结构.....15
1.1.2 可编程控制器的发展趋势.....2	1.7.4 FX ₂ 系列可编程控制器的主要 编程元件.....15
1.2 可编程控制器的概念及特点.....3	1.8 可编程控制器的性能指标与分类.....23
1.2.1 可编程控制器的概念.....3	1.8.1 PLC的性能指标.....23
1.2.2 PLC的构成.....3	1.8.2 PLC的分类.....24
1.2.3 可编程控制器的特点.....4	1.9 常用可编程控制器简介.....25
1.3 可编程控制器的应用.....6	1.9.1 三菱公司的PLC.....25
1.3.1 开关量的逻辑控制.....6	1.9.2 德国西门子公司的PLC.....27
1.3.2 模拟量控制.....6	1.10 思考练习题.....27
1.3.3 运动控制.....6	第2章 基本逻辑指令.....28
1.3.4 数据处理.....7	2.1 基本逻辑指令及分类.....28
1.3.5 通信联网.....7	2.1.1 基本指令汇总.....28
1.4 可编程控制器应用系统的设计步骤.....7	2.1.2 基本指令分类.....28
1.4.1 可编程控制器应用系统设计的基本 原则.....7	2.2 基本逻辑指令详细分析.....29
1.4.2 可编程控制器应用系统设计的基本 内容.....7	2.2.1 运算开始和线圈、定时器.....29
1.4.3 可编程控制器应用系统设计的一般 步骤.....8	2.2.2 串联触点.....30
1.5 可编程控制器的工作原理.....9	2.2.3 并联触点.....31
1.5.1 分时处理及扫描工作方式.....9	2.2.4 电路块的串并联.....33
1.5.2 扫描周期及PLC的两种工作状态...10	2.2.5 堆栈操作(多重输出电路).....34
1.5.3 输入/输出滞后时间.....11	2.2.6 主控触点.....35
1.5.4 可编程控制器和继电器的区别.....11	2.2.7 自保持和清除.....36
1.6 可编程控制器的硬件系统.....11	2.2.8 脉冲输出.....37
1.6.1 中央处理器(CPU).....12	2.2.9 空操作和程序结束.....37
1.6.2 存储器.....12	2.2.10 编程注意事项.....38
1.6.3 输入/输出模块.....13	2.3 基本逻辑指令简单应用.....40
1.6.4 电源.....13	2.3.1 时间控制.....40
1.6.5 编程器.....13	2.3.2 行程控制.....42
1.6.6 其他外部设备.....13	2.4 思考练习题.....46
1.6.7 I/O扩展模块.....14	第3章 编程应用举例.....47
1.7 可编程控制器的软件系统.....14	3.1 PLC控制程序设计的一般方法.....47
	3.1.1 PLC程序设计流程.....47

3.1.2 PLC 程序调试步骤	48
3.1.3 PLC 程序资料归档	49
3.2 PLC 控制程序应用举例	49
3.2.1 可逆电动机起动控制电路 (示例 1)	49
3.2.2 可逆变极调速电动机起动控制 电路(示例 2)	53
3.2.3 电动机星形—三角形起动控制 电路(示例 3)	60
3.2.4 有反馈的电动机星形—三角形 起动控制电路(示例 4)	63
3.2.5 线绕转子三相异步电动机起动 控制电路(示例 5)	66
3.2.6 定子电阻起动电路(示例 6)	71
3.3 PLC 控制程序状态设计方法简介	73
3.3.1 状态设计方法和状态流程图	73
3.3.2 状态设计方法举例	75
3.4 思考练习题	78
第 4 章 可编程控制器的步进指令	81
4.1 FX ₂ 系列可编程控制器的步进指令	81
4.1.1 状态 S 的功能	81
4.1.2 状态流程图的编制方法	82
4.2 状态的详细动作说明	91
4.2.1 STL 指令的动作	91
4.2.2 对状态的各种指令的处理	92
4.3 操作方式	93
4.3.1 操作方式的分类	93
4.3.2 初始状态指令	94
4.4 综合实例	94

4.4.1 全自动洗衣机的 PLC 控制	94
4.4.2 题目分析	95
4.4.3 解题过程	95
4.4.4 讨论题	100
4.5 思考练习题	100
第 5 章 功能指令及功能模块简介	103
5.1 功能指令简介	103
5.1.1 数据类软元件	103
5.1.2 FX ₂ 系列 PLC 功能指令的表示 形式及使用要素	107
5.1.3 FX ₂ 系列可编程控制器功能 指令的分类及汇总	107
5.2 功能指令应用实例	109
5.2.1 用 PLC 控制 3 台电动机	109
5.2.2 密码锁的控制程序	111
5.2.3 自动售货机的 PLC 控制	112
5.3 可编程控制器特殊功能模块的应用	117
5.3.1 三菱 FX ₂ 系列 PLC 的特殊 功能模块使用通则	117
5.3.2 三菱 FX ₂ 系列 PLC 的模拟量 输入模块(A/D 转换模块)	120
5.3.3 三菱 FX ₂ 系列 PLC 的模拟量 输出模块(D/A 转换模块)	130
5.4 思考练习题	132
附录 A 特殊软元件	134
附录 B 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程 软件的使用	142
附录 C FX-10P 型简易编程器的操作	147
参考文献	157

第 1 章 绪 论

本章知识

- 可编程控制器的由来、发展史
- 可编程控制器的定义
- 可编程控制器的特点
- 可编程控制器系统的设计步骤

本章主要介绍可编程控制器的由来、发展史及定义、可编程控制器的特点，并结合实际阐述可编程控制器系统的设计步骤。

1.1 可编程控制器的历史及发展

1.1.1 可编程控制器的历史

在工业生产过程中，存在大量的开关量顺序控制。它按照逻辑条件进行顺序动作，具有许多联锁保护控制功能。传统上，这些功能是通过气动或电气控制系统来实现的。1968 年美国 GM（通用汽车）公司提出取代继电气控制装置的要求，第二年，美国数字公司研制出了基于集成电路和电子技术的控制装置，首次采用程序化的手段应用于电气控制，这就是第一代可编程序控制器，称 Programmable Controller（PC）。个人计算机（简称 PC）发展起来后，为了方便，也为了反映可编程控制器的功能特点，可编程序控制器定名为 Programmable Logic Controller（PLC），现在，仍常常将 PLC 简称 PC。随着计算机技术水平的提高，20 世纪 70 年代出现了微处理器，人们将它引入可编程控制器，很快使 PLC 具备了运算、数据传送及处理功能，成为了真正具有计算机特征的工业控制装置。同时，可编程控制器采用了与继电器接触器电路图相类似的梯形图作为主要编程语言，易学易用，因此在工程实践中得到了迅速推广。

经过 30 多年的发展，可编程序控制器的产品性能日臻完善，概括起来，其发展过程可以归纳为以下几个阶段。

1. 初创时期

1969 年~1977 年，由数字集成电路构成，功能简单，仅具备逻辑运算和计时、计数功能。机器种类单一，没有形成系列。典型产品有 DEC 公司的 PDP-14/L，美国 MODICON 公司的 084，日本立石电机公司的 SCY-022 等。

2. 功能扩展时期

1977 年~1982 年，以微处理器为核心，功能不断完善，增加了数据传送、比较和模拟量运算等功能。初步形成系列，可靠性进一步提高，开始具备自诊断功能，存储器采用 EPROM。典型产品有美国 MODICON 公司的 184、284、384 系列，德国 SIEMENS 公司的 SYMATIC S3

系列和 S4 系列等。

3. 联机通信时期

1982 年至 1990 年, 能够与计算机联机通信, 出现了分布式控制, 增加了多种特殊功能, 如浮点数运算、平方、三角函数、脉宽调制等。典型产品有美国 GOULD 公司的 M84、484、584、684、884, 德国 SIEMENS 公司的 PM550、TI510、520、530 等。

4. 网络化时期

1990 年以后, 通信协议走向标准化, 实现了和计算机网络互联, 出现了工业控制网。编程语言除了传统的梯形图、流程图、语句表等以外, 还有用于算术运算的 BASIC 语言, 用于机床控制的数控语言等。典型产品有德国 SIEMENS 公司的 S7 系列, 日本三菱公司的 A 系列以及美国 GOULD 公司的 900 系列等。

1.1.2 可编程控制器的发展趋势

现代 PLC 的发展有两个主要趋势: 其一是向体积更小、速度更快、功能更强和价格更低的微小型方面发展; 其二是向大型网络化、高可靠性、好的兼容性和多功能方面发展。

1. 大型网络化

主要是朝 DCS 方向发展, 使其具有 DCS 系统的一些功能。网络化和通信能力强是 PLC 发展的一个重要方面, 向下可将多个 PLC、I/O 框架相连; 向上与工业计算机、以太网、MAP 网等相连构成整个工厂的自动化控制系统。

2. 多功能

随着自调整、步进电机控制、位置控制、伺服控制等模块的出现, 使 PLC 控制领域更加宽广。

如西门子公司早在 20 世纪 80 年代就研制出了多回路闭环控制模块、步进电机控制模块、仿真模块和通信处理模块等。在 1995 年西门子又成功地开发出了 S7200、S7300 系列, 它具有 TD 200 和 COROS OPS 操作模板 (OPS), 为用户提供了方便的人机界面, 用户程序三级口令保护, 极强的计算性能, 完善的指令集, MPI 接口和通过工业现场总线 PROFIBUS 以及以太网联网的网络能力, 强劲的内部集成功能, 全面的故障诊断功能; 模块式结构可用于各处性能的扩展, 脉冲输出晶闸管步进电机和直流电机; 快速的指令处理大大缩短了循环周期, 并采用了高速计数器, 高速中断处理可以分别响应过程事件, 大大降低了成本。

3. 高可靠性

由于控制系统的可靠性日益受到人们的重视, 一些公司已将自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛应用到现有产品中, 推出了高可靠性的冗余系统, 并采用热备用或并行工作、多数表决的工作方式。S7400 PLC 即使在恶劣、不稳定的工作环境下, 坚固、全密封的模板依然可正常工作, 在操作运行过程中模板还可热插拔。

综上所述, 现在和未来的工业生产中, PLC 技术、机器人技术、CAD/CAM 和数控技术是工业生产自动化的 4 大支柱。

1.2 可编程控制器的概念及特点

1.2.1 可编程控制器的概念

PLC 的定义有许多种。国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 的定义是: 可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。它采用可程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字的、模拟的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可程序控制器及其有关设备, 都应按易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

20 世纪 80 年代至 90 年代中期, 是 PLC 发展最快的时期, 年增长率一直保持 30%~40%。在这时期, PLC 在处理模拟量能力、数字运算能力、人机接口能力和网络能力得到大幅度提高, PLC 逐渐进入过程控制领域, 在某些应用上取代了在过程控制领域处于统治地位的 DCS 系统。

PLC 具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强、编程简单等特点。PLC 在工业自动化控制特别是顺序控制中的地位, 在可预见的将来, 是任何其他系统无法取代的。

为了避免在使用中与个人计算机的简称 PC 相混淆, 人们通常仍习惯地把可编程控制器简称为 PLC, 本书中也统一使用 PLC 的表示方法。

1.2.2 PLC 的构成

从结构上分, PLC 分为固定式和组合式 (模块式) 两种。固定式 PLC 包括 CPU 板、I/O 板、显示面板、内存块、电源等, 这些元素组合成一个不可拆卸的整体。模块式 PLC 包括 CPU 模块、I/O 模块、内存、电源模块、底板或机架, 这些模块可以按照一定规则组合配置。

1. CPU 的构成

CPU 是 PLC 的核心, 起神经中枢的作用, 每套 PLC 至少有一个 CPU, 它按 PLC 的系统程序赋予的功能接收并存储用户程序和数据, 用扫描的方式采集由现场输入装置送来的状态或数据, 并存入规定的寄存器中, 同时, 诊断电源和 PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误等。进入运行后, 从用户程序存储器中逐条读取指令, 经分析后再按指令规定的任务产生相应的控制信号, 去指挥相关的控制电路。

CPU 主要由运算器、控制器、寄存器及实现它们之间联系的数据、控制总线及状态总线构成, CPU 单元还包括外围芯片、总线接口及有关电路。内存主要用于存储程序及数据, 是 PLC 不可缺少的组成单元。

在使用者看来, 不必详细分析 CPU 的内部电路, 但对各部分的工作机制还是应有足够的理解。CPU 的控制器控制 CPU 工作, 由它读取指令、解释指令及执行指令。但工作节奏由震荡信号控制。运算器用于进行数字或逻辑运算, 在控制器指挥下工作。寄存器参与运算, 并存储运算的中间结果, 它也是在控制器指挥下工作。

CPU 速度和内存容量是 PLC 的重要参数, 它们决定着 PLC 的工作速度, I/O 数量及软件容量等, 因此限制着控制规模。

2. I/O 模块

PLC 与电气回路的接口,是通过输入/输出部分(I/O)完成的。I/O 模块集成了 PLC 的 I/O 电路,其输入暂存器反映输入信号状态,输出点反映输出锁存器状态。输入模块将电信号变换成数字信号进入 PLC 系统,输出模块相反。I/O 分为开关量输入(DI),开关量输出(DO),模拟量输入(AI),模拟量输出(AO)等模块。

开关量是指只有开和关(或 1 和 0)两种状态的信号,模拟量是指连续变化的量。常用的 I/O 分类如下述。

- 开关量:按电压水平分,有 220VAC、110VAC、24VDC;按隔离方式分,有继电器隔离和晶体管隔离。
- 模拟量:按信号类型分,有电流型(4~20mA,0~20mA)、电压型(0~10V,0~5V,-10~10V)等;按精度分,有 12bit, 14bit, 16bit 等。

除了上述通用 I/O 外,还有特殊 I/O 模块,如热电阻、热电偶、脉冲等模块。

按 I/O 点数确定模块规格及数量,I/O 模块可多可少,但其最大数受 CPU 所能管理的基本配置的能力,即受最大的底板或机架槽数限制。

3. 电源模块

PLC 电源用于为 PLC 各模块的集成电路提供工作电源。同时,有的还为输入电路提供 24V 的工作电源。电源输入类型有交流电源(220VAC 或 110VAC)和直流电源(常用的为 24VAC)。

4. 底板或机架

大多数模块式 PLC 使用底板或机架,其作用:电气上,实现各模块间的联系,使 CPU 能访问底板上的所有模块;机械上,实现各模块间的连接,使各模块构成一个整体。

5. PLC 系统的其他设备

1) 编程设备

编程器是 PLC 开发应用、监测运行、检查维护不可缺少的器件,用于编程、对系统作一些设定、监控 PLC 及 PLC 所控制的系统的工作状况,但它不直接参与现场控制运行。小编程器 PLC 一般有手持型编程器,目前一般由计算机(运行编程软件)充当编程器。

2) 人机界面

最简单的人机界面是指示灯和按钮,目前液晶屏(或触摸屏)式的一体式操作员终端应用越来越广泛,由计算机(运行组态软件)充当人机界面非常普及。

3) 输入/输出设备

输入/输出设备用于永久性地存储用户数据,如 EPROM/EEPROM 写入器、条码阅读器、输入模拟量的电位器、打印机等。

1.2.3 可编程控制器的特点

1. 可靠性高、抗干扰能力强

现代 PLC 采用了集成度很高的微电子器件,大量的开关动作由无触点的半导体电路来完

成,其可靠程度是使用机械触点的继电器所无法比拟的。为了保证 PLC 能够在恶劣的工业环境下可靠工作,在其设计和制造过程中采取了一系列硬件和软件方面的抗干扰措施。

1) 硬件方面采取的主要措施

(1) 隔离 PLC 的输入、输出接口电路一般都采用光电耦合器来传递信号,这种光电隔离措施使外部电路与 PLC 内部电路之间完全避免了电的联系,有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响,还可以防止外部强电窜入内部 CPU。

(2) 滤波 在 PLC 电路电源和输入、输出 (I/O) 电路中设置多种滤波电路,可以有效地抑制高频干扰信号。

(3) 在 PLC 内部对 CPU 供电电源采取屏蔽、稳压、保护等措施,防止干扰信号通过供电电源进入 PLC 内部,另外各个输入、输出接口电路的电源彼此独立,以免电源之间的相互干扰。

(4) 内部设置连锁、环境检测与诊断等电路,一旦发生故障,立即报警。

(5) 外部采用密封、防尘、抗振的外壳封装结构,以适应恶劣的工作环境。

2) 软件方面采取的主要措施有:

(1) 设置故障检测与诊断程序,每次扫描都对系统状态、用户程序、工作环境和故障进行检测与诊断,发现出错后,立即自动做出相应的处理,如报警、保护数据和封锁输出等。

(2) 对用户程序及动态数据进行电池后备,以保障停电后有关状态及信息不会因此而丢失。

采用以上抗干扰措施以后,一般 PLC 的抗电平干扰强度可达峰值 1000V,脉宽 10 μ s,其平均无故障工作时间可高达 30~50 万小时。

2. 编程简单易学

PLC 采用与继电器控制线路图非常接近的梯形图作为编程语言,它既有继电器电路清晰直观的特点,又充分考虑到电气工人和技术人员的读图习惯;对于使用者来说,几乎不需要专门的计算机知识,因此,易学易懂,当生产工艺发生变化时能够十分方便地修改程序。

3. 功能完善、适应性强

目前 PLC 产品已经标准化、系列化和模块化,不仅具有逻辑运算、计时、计数和顺序控制等功能,还具有 D/A、A/D 转换、算术运算及数据处理、通信联网和生产监控等功能。它能够根据实际需要,方便灵活地组装成大小各异、功能不一的控制系统:既可以控制一台单机、一条生产线,又可以控制一个机群、多条生产线;既可以现场控制,又可以远程控制。

针对不同的工业现场信号,如交流或直流、开关量或模拟量、电流或电压、脉冲或电位、强电或弱电等,PLC 都有相应的 I/O 接口模块与工业现场控制器件和设备直接连接,用户可以根据实际需要方便地进行配置,组成实用、紧凑的控制系统。

4. 使用简单、调试维修方便

PLC 的接线极其方便,只需将产生输入信号的设备(如按钮、开关等)与 PLC 的输入端子连接,将接收输出信号的被控设备(如接触器、电磁阀等)与 PLC 的输出端子连接,仅使用螺丝刀即可完成全部接线工作。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试,输入信号用开关来模拟,输出信号可以观察 PLC 的发光二极管。调试通过后再将 PLC 在现场安装通调。调试工作量要比继电器控制系统小得多。

PLC 的故障率很低,并且有完善的自诊断功能和运行故障指示装置,一旦发生故障,可以通过 PLC 机器上各种发光二极管的亮灭状态迅速查明原因,排除故障。

5. 体积小、重量轻、功耗低

由于 PLC 采用半导体大规模集成电路,因此整个产品结构紧凑,体积小、重量轻、功耗低,以三菱 FX_{2N}-24M 为例,其外形尺寸仅为 130mm×90mm×87mm,重量只有 600g,功耗小于 50W。所以 PLC 很容易装入机械设备内部,是实现机电一体化理想的控制设备。

1.3 可编程控制器的应用

在自动化控制领域,PLC 是一种重要的控制设备。目前,世界上有 200 多厂家生产 300 多种 PLC 产品,应用在汽车(23%)、粮食加工(16.4%)、化学/制药(14.6%)、金属/矿山(11.5%)、纸浆/造纸(11.3%)等行业。使用情况大致可归纳为 5 类:开关量的逻辑控制、模拟量控制、运动控制、数据处理、通信联网。

1.3.1 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,可以利用 PLC 取代传统的继电器控制系统,实现逻辑控制和顺序控制,既可以用于单台设备的控制,又可以用于多机群控制及自动化生产流水线。例如,注塑机、印刷机、电梯的控制、饮料灌装生产流水线、汽车、化工、造纸、轧钢自动生产线的控制等。

1.3.2 模拟量控制

在工业生产过程中,有许多连续变化的量,如温度、压力、流量、速度等都是模拟量。为了利用 PLC 处理模拟量,必须实现模拟量(Analog)与数字量(Digital)之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 厂家都生产配套的 A/D 和 D/A 转换模块,使 PLC 可用于模拟量控制。大、中型的 PLC 还具有 PID 闭环控制功能,运用 PID 子程序或应用专用的智能 PID 模块,可以实现对模拟量的闭环过程控制。PLC 的模拟量控制功能已经广泛应用于工业生产各个行业,例如,自动焊机控制、锅炉运行控制、连轧机的速度和位置控制都是典型的闭环过程控制的应用实例。

1.3.3 运动控制

PLC 可以实现对圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说,早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构,现在一般都使用专用的位置控制模块。例如,可以驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。目前,PLC 的运动控制功能广泛应用于金属切削机床、电梯、机器人等各种机械设备上。典型的有 PLC 与计算机数控装置(CNC)组合成一体,构成先进的数控机床。

1.3.4 数据处理

现代 PLC 都具有不同程度的数据处理功能,能够完成数学运算(函数运算、矩阵运算、逻辑运算)、数据的移位、比较、传递、数值的转换和查表等操作,对数据进行采集、分析和处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到别的智能装置,或将它们打印制表。数据处理通常用于大、中型控制系统中,例如,柔性制造系统、机器人的控制系统等。

1.3.5 通信联网

依靠先进的工业网络技术可以迅速有效地收集、传送生产和管理数据。因此,网络在自动化系统集成工程中的重要性越来越显著,甚至有人提出“网络就是控制器”的说法。

PLC 具有通信联网的功能,它使 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机以及其他智能设备之间能够交换信息,形成一个统一的整体,实现分散集中控制。多数 PLC 具有 RS-232 接口,还有一些内置有支持各自通信协议的接口。

PLC 的通信,还未实现互操作性,IEC 规定了多种现场总线标准,PLC 各厂家均有采用。

对于一个自动化工程(特别是中大规模控制系统)来讲,选择网络非常重要。首先,网络必须是开放的,以方便不同设备的集成及未来系统规模的扩展;其次,针对不同网络层次的传输性能要求,选择网络的形式,这必须在较深入地了解该网络标准的协议、机制的前提下进行;再次,综合考虑系统成本、设备兼容性、现场环境适用性等具体问题,确定不同层次所使用的网络标准。

1.4 可编程控制器应用系统的设计步骤

在应用 PLC 组成应用系统之前,首先需要明确系统设计的基本原则与内容,以及设计的一般步骤,对此下面分别予以介绍。

1.4.1 可编程控制器应用系统设计的基本原则

任何一种电气控制系统都是为了实现被控制对象(生产设备或生产过程)的工艺要求,以便提高生产效率和产品质量。因此,应按以下基本原则设计 PLC 应用系统:

(1) 最大限度地满足被控制对象的控制要求。设计前,应深入现场进行调查研究,收集资料,并与相关部分的设计人员和实际操作人员密切配合,共同拟定控制方案,协同解决设计中出现的各种问题。

(2) 在满足控制要求的前提下,力求使控制系统简单、经济、使用及维修方便。

(3) 保证控制系统安全、可靠。

(4) 考虑到生产的发展和工艺的改进,在选择 PLC 容量时,应适当留有余量。

1.4.2 可编程控制器应用系统设计的基本内容

PLC 控制系统是由 PLC 与用户输入、输出设备连接而成的。因此,PLC 控制系统设计的基本内容应包括:

(1) PLC 可以构成形式各异的控制系统,如单机控制系统、集中控制系统等。在进行

应用系统设计时，要确定系统的构成形式。

(2) 系统运行方式与控制方式。

(3) 选择用户输入设备（按钮、操作开关、限位开关、传感器等）、输出设备（继电器、接触器、信号灯等执行元件）以及由输出设备驱动的控制对象（电动机、电磁阀等）。

1.4.3 可编程控制器应用系统设计的一般步骤

设计 PLC 应用系统设计的一般步骤如图 1.1 所示。

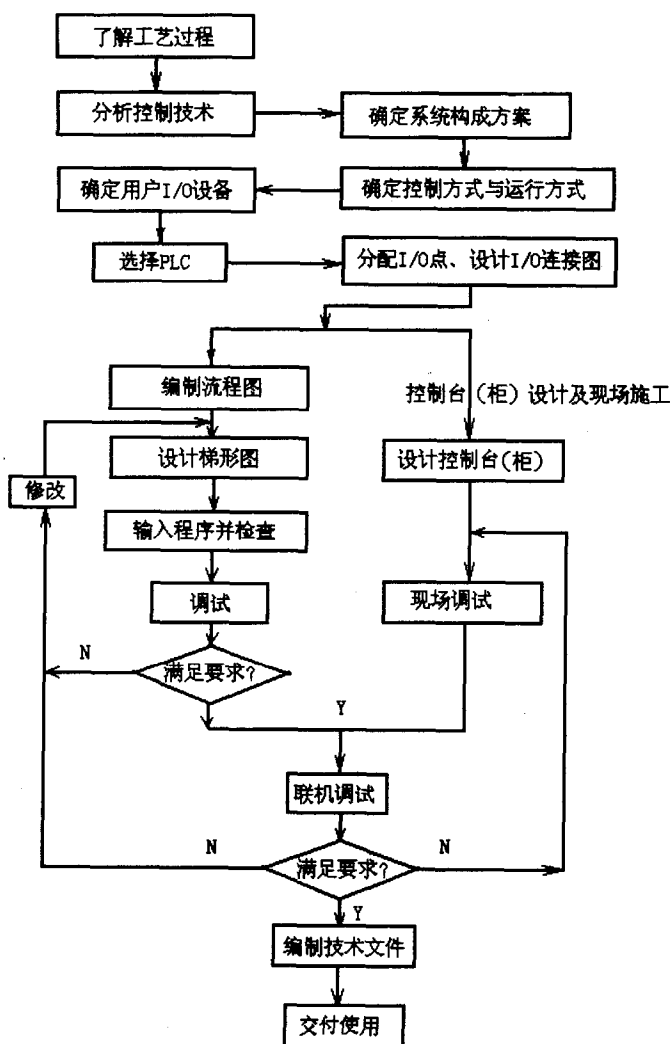


图 1.1 PLC 控制系统设计步骤

(1) 根据生产的工艺过程分析控制要求。如需要完成的动作（动作顺序、动作条件、必须的保护和连锁等）、操作方式（手动、自动、连续、单周期、单步等）。

- (2) 根据控制要求确定系统控制方案。
- (3) 根据系统构成方案和工艺要求确定系统运行方式。
- (4) 根据控制要求确定所需的用户输入、输出设备, 据此确定 PLC 的 I/O 点数。
- (5) 选择 PLC 的型号。
- (6) 分配 PLC 的 I/O 点, 设计 I/O 连接图。(这一步也可以结合第 2 步进行)
- (7) 进行 PLC 的程序设计, 同时可以进行控制台(柜)的设计和现场施工。
- (8) 联机调试。如果不满足要求, 再返回修改程序或检查接线, 直到满足要求为止。
- (9) 编制技术文件。
- (10) 交付使用。

总之, 一项 PLC 应用系统设计包括硬件设计和应用控制软件设计两部分。其中硬件设计主要是选型设计和外围电路的常规设计; 应用软件设计是依据控制要求和 PLC 指令系统来进行的。这些内容将在后续章节中介绍。

1.5 可编程控制器的工作原理

可编程控制器与个人计算机的工作原理有所不同, 个人计算机一般采用随机待命的工作方式。如常见的键盘扫描方式或 I/O 扫描方式。当键盘有键按下或 I/O 口有信号输入时则中断转入相应的子程序。而 PLC 在确定了工作任务, 装入了专用程序后成为一种专用机, 它采用循环扫描工作方式, 系统工作任务管理及应用程序执行都是以循环扫描方式完成的。现叙述如下。

1.5.1 分时处理及扫描工作方式

1. PLC 系统正常工作所要完成的任务

PLC 系统正常工作所要完成的任务如下:

- (1) 计算机内部各工作单元的调度、监控。
- (2) 计算机与外部设备间的通信。
- (3) 用户程序所要完成的工作。

2. PLC 的工作原理

这些工作都是分时完成的。每项工作又都包含着许多具体的工作。以用户程序的完成来说又可分为以下 3 个阶段。

1) 输入处理阶段

也就是输入采样阶段。在这个阶段中, 可编程控制器读入输入接口的状态, 并将它们存放在输入状态暂存区中。

2) 程序执行阶段

在这个阶段中, 可编程控制器根据本次读入的输入数据, 依用户程序的顺序逐条执行用户程序。执行的结果均存储在输出信号暂存区中。

3) 输出处理阶段

此阶段也叫输出刷新阶段。这是一个程序执行周期的最后阶段。可编程控制器将本次执